

$= 2x^2 + 4x; 5)$ $(x+a)^4 - 4(x+a)^2 + 4 = 0$. Уровни 1-й и 2-й обеспечивают репродуктивную деятельность школьника, 3-й и 4-й — как репродуктивную, так и продуктивную, 5-й уровень обеспечивает продуктивную деятельность школьника при решении уравнений и неравенств. При обучении должна соблюдаться преемственность развития вышеперечисленных уровней.

Значит, существует потребность методического обеспечения решения уравнений (неравенств) с параметрами на двух уровнях (3 и 5). Уровень 3 — это методика решения простейших уравнений (неравенств) с параметризацией различных числовых коэффициентов, и уровень 5 — более сложных уравнений (неравенств), решаемых аналитическим, функционально-графическим или геометрическим методами.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Беспалько В. П. *Слагаемые педагогической технологии*. — М.: Педагогика, 1989. — 192 с.

Л. Н. Февральских

*Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского,
grigorieva_ln@mail.ru*

ОБ ОДНОМ МЕХАНИЗМЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ СВОБОДНО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТЕЛА, БЛИЗКОГО К ШАРУ

Изучаются свободные угловые движения изотропного деформируемого твердого тела, поверхность которого близка к

сферической. Считается, что тело в недеформированном состоянии имеет квазишаровой тензор инерции. Результаты рассмотрения позволяют предложить механизм глобального перемещения полюсов тела.

Свяжем с телом систему координат $Ox_1x_2x_3$ и приведем его в быстрое вращение вокруг оси Ox_3 с угловой скоростью Ω . Пусть тело обладает симметрией куба [1], а ось Ox_3 проходит через главную его диагональ. Предположим, что тело содержит точечные включения (неоднородности), которые приводят к малым отклонениям тензора инерции в недеформированном состоянии от его значения для шара. Пусть оси системы $Ox_1x_2x_3$ являются главными осями инерции недеформированного тела, а ось Ox_3 - осью среднего момента инерции.

Примечательными являются некоторые частные случаи.

1) Однородный упругий шар не прецессирует. Любое положение в нем оси вращения остается неизменным со временем.

2) Для упругого шара, содержащего неоднородности, начальное положение в нем оси вращения неустойчиво. Даже малое возмущение может вывести ее из этого положения.

3) Для однородного квазишара с кубической симметрией асимптотически устойчивым будет вращение вокруг осей, проходящих через вершины куба. При Ω , ориентированном на середины граней, вращение неустойчиво.

Интересный качественный эффект обнаруживается в случае, когда несферичность и малое отличие тензора инерции недеформированного тела от шарового наблюдаются одновременно. Эти факторы оказывают различное влияние на динамику тела в зависимости от угловой скорости вращения Ω .

Представим, что тело совершает малые угловые движения вблизи оси Ox_3 , а угловая скорость такова, что малая несфе-

ричность определяет качество динамики тела. Стационарное вращение относительно оси Ox_3 консервативно устойчиво при достаточно больших значениях Ω .

Внутренняя диссипация энергии приводит к затуханию прецессии и переходу оси в устойчивое положение. Уменьшается область притяжения положения оси устойчивого вращения. В результате при некотором критическом значении угловой скорости Ω_* даже малое внешнее воздействие может привести к смещению в теле оси устойчивого стационарного вращения.

При $\Omega < \Omega_*$ динамику тела определяет главным образом его тензор инерции в недеформированном состоянии: стационарное вращение вокруг Ox_3 неустойчиво, а вращение относительно двух других осей консервативно устойчиво. В рассмотренной задаче минимум кинетической энергии “перемещается” от Ox_3 к направлению Ox_1 , т. е. ось вращения за короткое время повернется в теле на угол $\pi/2$.

В инерциальном пространстве явление глобального перемещения полюсов представляет собой поворот тела.

Отметим, что наряду с малой несферичностью анизотропия упругих свойств оказывает аналогичное влияние на эффект глобального перемещения полюсов тела [2].

Предложенный механизм можно рассматривать как попытку объяснения наблюдавшегося в истории Земли глобального перемещения ее полюсов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-01-00314).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Денисов Г. Г., Новиков В. В. *О свободных движениях деформируемого твердого тела, близкого к шару* // Изв. АН СССР. МТТ. – 1983. – № 3. – С. 43–50.

2. Новиков В. В. *Анизотропно-упругий шар в свободном движении* // Прикладная математика и механика. – 1987. – Т. 17. – № 5. – С. 767–774.

Т. Г. Федорова, Е. Г. Гоник, А. И. Кибец, М. В. Петров

Нижегородский государственный университет,

kibec@mech.unn.ru

**ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ВЫПУЧИВАНИЯ
ПОДЪЕМНОЙ ЦИСТЕРНЫ
ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ АВАРИЙНОМ ПАДЕНИИ**

При проектировании тонкостенных конструкций наряду с оценкой прочности необходим анализ их устойчивости при всех возможных нагружениях. Большегрузная емкость для автомобильной транспортировки сыпучих грузов при разгрузке наклоняется. Для этого ее один торец шарнирно закрепляется на раме, а другой поднимается телескопическим устройством. Под действием весовой нагрузки корпус емкости (тонкостенная цилиндрическая оболочка $L/R = 9,28$, $R/h = 255$) при подъеме изгибается. Этот процесс может сопровождаться образованием пластических деформаций в центральной области и потерей устойчивости. Для обоснования соответствия проектируемой конструкции требованиям нормативных документов необходимо решение трехмерной геометрически и физически нелинейной задачи устойчивости замкнутой оболочки вращения с учетом моментности напряженно-деформированного состояния (НДС) оболочки.